

COORDINATION ET RIGIDITÉ OPTIMALE DE CONTRATS DE CONCESSION RENÉGOCIABLES

5^{ème} JOURNÉES EN SCIENCES SOCIALES INRA-SFER-CIRAD

Cédric Wanko*

RÉSUMÉ — Coordination, Rigidité Optimale et Renégociation

L'objet de ce papier est de montrer l'intérêt de fixer à l'aide d'un système de corrélation le degré de rigidité optimal d'un contrat de concession renégociable. Pour cela, on décide de comparer trois types de solutions maximisant le bien-être social au sein d'un partenariat public-privé: la négociation, la corrélation et la renégociation. Nos résultats montrent que dans un environnement à information incomplète avec des agents averses au risque, l'implémentation² de ce niveau de rigidité optimal permet d'obtenir un bien-être social, au mieux meilleur ou (au moins) équivalent à une corrélation, au pire meilleur ou (au moins) équivalent à une simple renégociation rigide optimale. Par ailleurs, on montre que les facteurs de succès liés au contrôle et à la confiance au sein d'un tel contrat sont des mesures beaucoup plus significatives de l'amélioration ou la détérioration du bien-être social que les dépenses budgétaires engagées par les pouvoirs publics dans les secteurs concernés.

MOTS CLÉS — Contrats de Concession, Régulation, Renégociation Rigide, Corrélation.

Classification JEL: D7, D86, L5, O51, O52, O54

*LAMETA Docteur en Sciences Economiques et Attaché Temporaire d'enseignement et de recherche à l'université Montpellier 1. Avenue de la Mer CS 79606, Montpellier 34960 cedex 2, France, mail: cedric.wanko@free.fr et cedric.wanko@lameta.univ-montp1.fr, homepage: <http://www.lameta.univmontp1.fr/spip.php?article275>. L'auteur remercie vivement les Professeurs J. Percebois et J-P. Angelier pour le temps passé sur ce papier ainsi que les précieux conseils et la précision de leurs remarques. De nombreux remerciements sont également adressés aux intervenants du séminaire ArtDev Montpellier 1, de la 8^{me} journée de l'ESNIE — à R. Soubeyran et J. Beuve en particulier — et des 5^{me} journées en Sciences Sociales Inra-Sfer-Cirad.

²On conservera le terme d'"implémentation" pour signifier "mise en oeuvre"

1 INTRODUCTION

L'émergence de nouveaux partenariats entre opérateurs privés et secteur public (PPP) sous la tutelle d'un régulateur social incarné par les pouvoirs publics, a supplanté le mode de gestion traditionnel des industries de réseau (ou monopoles naturels). Un des principaux points à l'origine de ce changement de politique est le recours à la participation privée pour pallier les problèmes de gestion et de financement des projets. La gestion administrative publique est effectivement considérée comme historiquement lente et le système financier extrêmement carencé. On parle d'une manière générale de dérégulation (Percebois (1997, 2003)) pour désigner ce vaste mouvement réformateur introduisant la rigueur administrative, les capitaux financiers et le dynamisme des opérateurs privés dans l'exploitation d'un service d'intérêt général appelant des obligations de service public.

Les régimes de concession d'actifs publics à des opérateurs privés dans le cadre de partenariats ont souvent une durée limitée, ponctuée par une reprise de ses droits de propriété par l'Etat. De plus, l'incertitude liée à l'asymétrie informationnelle et l'impossibilité d'anticiper la totalité des risques pouvant survenir après la signature du contrat, implique des difficultés d'*Enforcement*³. Globalement la collaboration ou coordination contractuelle *stricto sensu*⁴ entre public et privé est difficile à atteindre. Il est clair qu'une coordination permettrait largement une amélioration du bien-être social mais le désir d'autonomie des administrations privées et publiques⁵ ne permet pas d'aboutir à un cadre commun organisationnel. Donc, la question est *comment permettre une amélioration du bien-être social tout en maintenant l'autonomie des partenaires?*

En ce qui concerne le risque comportemental (Williamson (1985)), il est exprimé sous forme de *Hold-up*⁶ et procède soit de l'opérateur privé soit de l'Etat. Il concerne la partie qui n'est pas titulaire des droits résiduels sur les profits réalisés. Donc, dans un PPP, en plus de l'incomplétude du contrat liée aux asymétries informationnelles et à l'incapacité de prévoir tous les événements susceptibles de se produire, le commanditaire de la transaction – c'est à dire l'Etat – peut se réserver quelques droits extra-contractuels⁷.

En réponse à cet ensemble de problèmes, on a un premier cas de contrat renégociable dit flexible qui permettrait de solutionner les difficultés d'*Enforcement* tout en conservant l'autonomie des partenaires. Une renégociation flexible exprime l'idée selon laquelle l'Etat fournit un contrat impliquant une renégociation effective quoi qu'il arrive entre les partenaires. Donc, les *scenarii* concernant le bien-être social espéré sont estimés directement sur la partie renégociée du contrat et l'implication des partenaires privés dans le contrat est assurée grâce à la garantie de la renégociation face aux risques de *Hold-up*. Néanmoins, le risque de renégociations répétitives⁸ s'exerce au détriment de l'opérateur privé et implique des coûts de transaction trop

³d'exécution

⁴On parlera de coordination *stricto sensu* ou effective par opposition à une coordination simulée.

⁵Notamment de leurs systèmes d'audit

⁶ou risque d'expropriation

⁷Par exemple rompre précocément un contrat à cause d'un changement de gouvernement est un droit extra-contractuel. Ces droits extra-contractuels sont souvent historiques et traditionnels.

⁸Liées aux ruptures précoces du contrat.

élevés ainsi qu'un sous investissement justifié de ce dernier. Sachant que l'Etat peut jouir de certains droits extra-contractuels, l'opérateur privé peut, de son côté, demander stratégiquement⁹ à chaque fois une renégociation du contrat de PPP après signature, de manière à capter tout le surplus issu de la renégociation. En résumé, une renégociation flexible d'un contrat de PPP entraîne des effets négatifs sur le bien-être social liés aux répétitions de la procédure.

Nombreux sont les conflits entre Etat et opérateurs privés portant sur les clauses, les tarifs¹⁰ et sur l'influence d'une renégociation trop flexible entre les partenaires. Une autre réponse permettant de solutionner l'ensemble des préoccupations précédentes est la renégociation dite rigide (*cf.* Guasch, Laffont and Straub (2008)). Dans un contrat PPP renégociable rigide, l'Etat octroie la possibilité de renégocier aux partenaires, mais anticipe cette possibilité en proposant un protocole¹¹ et des clauses contractuelles leur évitant effectivement de renégocier le contrat¹².

Cet article aborde la problématique suivante: la renégociation rigide étant une alternative assurant une implication des partenaires privés tout en conservant leur autonomie, *quid* de son efficacité sociale par rapport à une coordination contractuelle *stricto sensu*? Si la coordination contractuelle représente un bien-être social efficace, il n'est pas évident qu'un contrat de PPP renégociable rigide soit équivalent ou plus efficace que cette coordination sur le bien-être social.

On propose une solution consistant à assigner à un contrat de PPP renégociable rigide un financement équivalent à ce qui serait nécessaire pour élaborer une coordination contractuelle. A l'aide de ce budget et grâce à des expertises financières, le régulateur doit exprimer les règles nécessaires à l'élaboration d'un cadre commun sans pour autant que les partenaires prennent le risque d'échanger leurs informations privées. Leurs informations privées ne sont communiquées qu'au régulateur secrètement, sécuritairement et de façon indépendante. La manœuvre du régulateur consiste donc à assigner les règles protocolaires d'un contrat de coordination définissant clairement le cadre commun d'une potentielle coordination dans le contrat PPP rigide renégociable. Pour cela, il utilise le budget nécessaire à l'implémentation de la potentielle coordination contractuelle pour simuler cette dernière dans la renégociation rigide. Concrètement, la mise aux enchères des concessions d'EDF qui arrivent à échéance peut être expérimentée par la méthode présentée dans cet article.

Par cette méthode, on bénéficie de l'avantage informationnel d'une corrélation en plus de l'avantage provenant du surplus espéré de la renégociation rigide. Par ailleurs, aucun des partenaires n'est incité à ne pas participer au contrat (car ils peuvent renégocier) ni à mentir (car ils ne peuvent espérer une meilleure issue que celle qu'ils obtiendront par ce protocole de coordination). En conclusion, on montre que les parties, au mieux obtiennent une issue meilleure ou (au moins) équivalente à

⁹Son avantage stratégique vient de l'information privée dont il dispose.

¹⁰*Price cap, rate of return, hybrid* (c'est à dire un mix de *price cap* et *rate of return* avec une proportion de *price cap* supérieure au *rate of return*) ou *cost plus*

¹¹Par protocole, on entend un ensemble de règles nécessaires au bon fonctionnement du dit contrat.

¹²Il est clair qu'un contrat rigide non renégociable revient à signer un contrat classique dans la mesure où aucune partie ne peut anticiper la totalité des événements pouvant survenir après la signature du document. Des risques d'injustice et de *Hold-up* peuvent à nouveau se présenter dans ce cas.

une corrélation, au pire une issue meilleure ou (au moins) équivalente à une simple renégociation rigide optimale.

La modélisation utilisée est relative à la théorie des contrats incomplets¹³ et plus particulièrement à la régulation incitative individuelle¹⁴ pour des firmes averses au risque en ce qui concerne un contrat de concession avec renégociation. Le système de corrélation sera réalisé à partir des travaux de Mc Afee and Reny (1991) et Laffont and Martimort (1997,2000) mais en introduisant la probabilité que la firme inefficace soit malhonnête. Le *modus operandi* est le suivant: 1- le régulateur construit la fonction objectif d'un contrat de concession renégociable rigide en information incomplète avec des agents averses au risque 2- le régulateur construit le protocole de coordination nécessaire à l'optimisation du bien-être social en simulant une collaboration *stricto sensu* 3- le régulateur simule¹⁵ ce protocole de coordination dans un contrat de concession renégociable rigide.

A la suite de quelques évidences empiriques illustrant nos propos en section 2, on présente le modèle en section 3 permettant de justifier les résultats démontrés en section 4. Enfin, la section 5 conclut sur les limites et de potentielles ouvertures vers de futurs travaux.

2 ILLUSTRATION

Il y a plus de vingt ans, lorsque le Royaume-uni était prêt à lancer la privatisation de ses services publics, un rapport a été développé montrant que le régime de *price cap* était le mode le plus efficace de régulation des services privatisés. Dix ans plus tard, face aux problèmes liés à la fourniture de biens et services publics par les infrastructures locales, provinciales et nationales, les pays d'Amérique latine décident de réformer leurs infrastructures publiques en utilisant également le *price cap*. Ces réformes ou politiques consistent essentiellement en la concession d'actifs à des opérateurs privés en deux étapes 1/ pratiquer une concurrence par appel d'offre à l'aide d'enchères 2/ adopter un régime de régulation incitative de base avec la création d'une agence renforçant cette régulation.

Dans la recherche d'une efficacité soutenable dans les secteurs concernés (Eau, Transport, Energie et Télécommunication), l'Etat a été confronté à des contraintes fiscales qui ont inhibé la capacité des infrastructures à fournir des opérations de base et de maintenance des services publics. Dans un premier temps, l'adoption du *price cap* a été un succès. Avant la fin des années quatre vingt dix, les investissements privés étaient de 360 milliards de dollars en Amérique Latine (*cf.* Estache, Guasch and Trujillo (2003)) avec une amélioration constatée de l'efficacité des secteurs concernés et une réduction des coûts de production. Néanmoins, l'adoption du *price cap* comme régime de régulation a engendré une réduction de cette efficacité principalement auprès des utilisateurs à cause du nombre de contrats renégociés, des

¹³Hart and Moore (1988), Green and Laffont (1992), Aghion and alii (1994) and Segal and Whinston (2002).

¹⁴Laffont (2003,2005) et Guasch, Laffont and Straub (2006,2007,2008)

¹⁵C'est à dire substitut ce protocole de coordination au protocole de renégociation d'origine dans le contrat renégociable rigide.

sous-investissements et des détournements de gains de la part du gouvernement grâce aux taxes indirectes.

Les **contrats de concession** ont été le principal instrument de régulation de ces réformes pour les décideurs publics selon Estache, Guasch and Trujillo (2003).

2.1 EVIDENCES EMPIRIQUES: LES PROBLÈMES SUD AMÉRICAINS

Les observations ont été faites par Estache, Guasch and Trujillo (2003) à partir d'une base de données de 954 contrats de concession en Amérique latine durant la période allant du milieu des années 1980 à 2000. Les auteurs ont montré que 65.5% des contrats étaient des concessions¹⁶. Une agence de régulation (supposée indépendante) doit veiller à ce que les parties suivent scrupuleusement les termes du contrat et que l'équilibre entre intérêts des utilisateurs, des opérateurs privés et du secteur public est vérifié. Malgré une certaine efficacité globale constatée dans les secteurs concernés, certaines évidences empiriques présentées dans Guasch (2003) montrent que cet équilibre n'est pas vérifié au regard des facteurs reliés au régime de régulation tarifaire et au nombre de contrats renégociés durant cette période.

En effet, 30% des contrats ont été renégociés pour l'ensemble des secteurs¹⁷. La renégociation survient en moyenne 2.19 ans après signature¹⁸ pour des contrats prévus sur 20 à 30 ans ayant une période de sûreté de 5 ans avant révision des tarifs si besoin est. Par ailleurs, le régime de régulation des tarifs explique un taux de renégociation de 38.1% pour le *price cap* et 24.4% pour le régime *hybrid* alors que le *rate of return* s'élève à 12.8% pour l'ensemble des secteurs. De plus, l'opérateur privé apparaît être l'initiateur principal des renégociations à hauteur de 61% (du total des demandes de renégociations)¹⁹. Le croisement des deux types de données montre que sous un régime de *price cap*, 83% des renégociations proviennent de l'opérateur privé contre 6% pour le secteur public et 11% pour les deux. Sous le régime *hybrid*, 44% des renégociations proviennent de l'opérateur privé contre 26% pour le secteur public et 30% pour les deux.

En outre, le gouvernement semble avoir détourné une partie des gains provenant des réformes mises en oeuvre par l'intermédiaire de taxations indirectes auprès des opérateurs. Ces taxes sont à hauteur de 20 – 57% dans le secteur de l'électricité, 20 – 30% dans le secteur du gaz, 20 – 30% dans le secteur de l'eau et 40 – 50% dans le secteur des télécommunications.

In fine, le régime de *price cap* génère des renégociations entraînant un sous investissement de l'opérateur privé. Ce sous investissement est lié au fait que ce dernier ne récupère pas immédiatement un bénéfice sur l'ajustement des nouveaux tarifs (du fait d'un délai d'ajustement des tarifs).

¹⁶avec 89% de contrats de concession dans le secteur de l'eau, 97.5% pour les transports, 54.4% pour l'énergie et 0.5% pour les télécommunication

¹⁷avec 54.7% pour les transports et 74.4% dans le secteur de l'eau.

¹⁸avec 3.3 ans en moyenne pour les transports et 1.6 ans dans le secteur de l'eau.

¹⁹avec 36% pour le secteur public et 13% pour les deux

2.2 EVIDENCES EMPIRIQUES: LES SOLUTIONS NORD AMÉRICAINES

Les solutions observables aux problèmes présentés précédemment sont liées à la nature du protocole mis en place dans le contrat PPP. Hormis les clauses qui viennent finaliser le contrat, le protocole est essentiel dans l'élaboration du contrat. Dans Skander et Préfontaine (2010), une étude de cas portant sur la rénovation cadastrale du Québec est présentée. Au milieu des années 1990, le ministère québécois responsable de cette réforme cadastrale lance un appel d'offres pour mandater une firme privée responsable de la mise à jour des données cadastrales. Les auteurs montrent que certains facteurs précis comme la *confiance* entre les parties et le *contrôle* sont à la base du succès du PPP. La mise en place de ce partenariat se décompose en trois étapes. 1/ La phase *pré-exécutoire* du contrat durant laquelle les parties communiquent afin de mettre en place le protocole du PPP. Durant cette phase les auteurs montrent que l'introduction dans le protocole de la confiance au travers de règles institutionnelles (loi de 1992 favorisant la réforme du cadastre québécois et garantissant les intérêts des parties) et interorganisationnelles (réputation et confiance accordées à une firme par une autre)²⁰ favorise la collaboration qui est implicite dans le PPP. De la même façon, la mise en place d'un système de contrôle formel dans le protocole comme le développement d'outils ou la création d'une expertise par une autorité indépendante favorise également la collaboration implicite. 2/ La phase d'*exécution* affine le protocole du contrat PPP en élargissant la confiance aux relations interpersonnelles. La proximité et les réunions fréquentes entre les collaborateurs favorisent cette confiance interpersonnelle. De fait, un système de contrôle informel²¹ se met en place dans le protocole. 3/ La phase de clôture se caractérise par la fin du contrôle formel et informel.

Le résultat de cette étude de cas montre que chacune des règles du protocole a permis aux acteurs de mener le projet avec succès malgré certains problèmes techniques. Ces problèmes techniques provenaient de la complexité de l'architecture de la base de données *Oracle* utilisée pour la mise à jour. La firme privée a financé la venue d'experts américains pour régler le problème. L'astreinte par jour de retard a été supprimée par le partenaire public devant la bonne foi et la volonté de la firme privée de faire aboutir ce projet. *In fine*, la firme privée a pu exploiter son savoir faire pour son intérêt privé.

Préfontaine et Ramonjavelo (2007) ont étudié l'ensemble des facteurs de succès liés à ce type de protocole sur tout le territoire canadien. La recherche s'est portée sur 77 PPP dont les caractéristiques sont décrites dans le tableau suivant:

Cinq macro-dimensions sont reliées à la confiance et deux au contrôle. L'échelle d'influence des facteurs reliés aux différentes macro-dimensions varie de 1 (influence minimale sur le succès du projet) à 7 (influence maximale sur le succès du projet). Les résultats montrent que les facteurs liés à la confiance sont satisfaisants dans l'ensemble avec une moyenne $> 5/7$ sauf pour le financement du projet (4.95/7) et la

²⁰Cette confiance peut venir d'une collaboration antérieure couronnée d'un franc succès ou d'une publicité faite par un autre partenaire. Par exemple la firme retenue avait déjà été sollicitée par des contrats de sous-traitance en 1986 et 1989.

²¹On peut parler du développement de normes et de valeurs communes autour du projet.

COORDINATION, RIGIDITÉ OPTIMALE ET RENÉGOCIATION

<i>Secteurs (en % du nombre de PPP)</i>	<i>Acteurs (en % du nombre de PPP)</i>	<i>Budgets (millions de \$ canadien)</i>
Transports 29%	Entreprises privées 35%	< 25 à > 500
Energie 22%	Municipalités 30%	<i>Durée de vie du projet (ans)</i>
Tourisme 13%	Ministères 26%	< 5 à > 20
Santé 13%	Organismes publics 8%	<i>Effectifs (personnes)</i>
Télécommunications 13%	Hôpitaux 1%	< 50 à > 500
Commerce 10%		

Table 1: Les 77 PPP

complexité de la technologie utilisée²² (4.26/7). En ce qui concerne la coordination, l'influence du contrôle (formel, informel et bureaucratique) est de 5.08/7 en moyenne tandis que le mode de gouvernance²³ influence peu le succès du projet²⁴.

Ces observations montrent bien que, au delà du fait que le financement est d'une influence toute relative dans le succès du projet, insister sur les facteurs collaboratifs tels que la confiance et le contrôle dans les contrats renégociables rigides reste une priorité pour garantir le succès de tels projets. C'est donc à ce prix que les solutions présentées sont envisageables pour remédier aux renégociations répétées. Mais alors, *comment traduire empiriquement les facteurs collaboratifs dans le protocole?*

2.3 EVIDENCES EMPIRIQUES: LE PROTOCOLE

Après avoir mis en évidence l'importance du protocole dans le succès du contrat de PPP, on propose une représentation de ce protocole via la probabilité de renégociation observée dans les travaux de Guasch (2003) et Guasch, Laffont and Straub (2008). Certains facteurs clés du protocole ont fait l'objet de résultats empiriques sur leur influence dans la probabilité de renégociation. Ces facteurs sont:

- *la qualité institutionnelle* – cette qualité institutionnelle renvoie à l'importance juridique de la structure de régulation – qui affecte la probabilité de renégociation à hauteur 17.2% lorsqu'elle est directement prise en charge dans les textes juridiques contre 39.7% lorsqu'elle est simplement prise en charge dans le contrat.

- *un choc macroéconomique exogène* – ce choc est un bruit non anticipé dans la distribution des types de partenaires – pouvant être positif ou négatif sur la probabilité de renégociation. Ce choc renvoie aux problèmes évoqués précédemment, liés à la base de données *Oracle*, mais peut également être positif si on suppose par exemple un excès de demande sur le service ou le produit de la part du bénéficiaire.

- *l'incidence d'un changement des décideurs publics*; un changement de la majorité au pouvoir augmente la probabilité de renégociation.

- *l'efficacité de la négociation* – cet arbitrage doit être fait par une autorité de régulation indépendante – liée au coût de la renégociation (plus la négociation est efficace moins la renégociation est coûteuse). Elle peut être liée également à l'instauration d'un revenu minimum garanti qui diminue la probabilité de renégociation²⁵. On dénote 17.1% de contrats renégociés lorsqu'il existe une autorité de

²²Ceci renvoie précisément au problème rencontré avec *Oracle* dans l'étude de cas précédente.

²³Impartition ou sous-traitance, Affermage (équité des responsabilités entre public et privé) et Concession (responsabilités couvertes en majorité par le privé).

²⁴La délégation des responsabilités du public vers le privé n'a pas d'influence sur le taux de succès.

²⁵Ce revenu minimum peut malheureusement réduire le niveau d'effort

régulation indépendante contre 60.9% en l'absence d'autorité. On notera également que la probabilité de renégociation diminue lorsque les partenaires sont expérimentés²⁶. Le choix d'un régime de *price cap* est également compris dans l'efficacité de la négociation. Cette règle de prix a un effet ambigu dans la mesure où elle incite les firmes privées à signer les contrats de PPP mais engendre néanmoins plus de renégociations de ces contrats. On observe 38.1% des contrats renégociés avec *price cap* contre 12.8% avec *rate of return*.

- *le montant des coûts fixes irrécupérables (sunk costs)* qui a un effet ambigu sur la probabilité de renégociation au même titre que les investissements privés. Alors que les investissements privés et les coûts fixes jouent un rôle dans l'exécution du contrat, ils peuvent également générer des renégociations. Le coût social des fonds publics est également un facteur lié aux investissements dans la mesure où une variation de ce facteur influence l'effet des financements privés et publics sur la renégociation.

Les facteurs collaboratifs sont ceux qui ne favorisent pas la renégociation. Le régime de *price cap* ne doit pas être le régime tarifaire dominant au vu des résultats empiriques précédemment exposés. Par ailleurs, les travaux empiriques de Beuve, De Brux and Saussier (2011) montrent l'influence de chaque élément lié au protocole dans la probabilité de renouveler ou non un partenariat; le renouvellement étant un indicateur du succès du partenariat.

Compte tenu de tous ces résultats empiriques, la section qui suit expose le modèle nécessaire à l'implémentation de trois types de résultats que sont la négociation, la corrélation et la renégociation rigide optimale dans la maximisation du bien-être social au sein d'un PPP.

3 LE MODÈLE

On considère un régulateur et deux firmes averses au risque: une firme publique et un opérateur privé. Le régulateur connaît uniquement la distribution des types de firmes mais ne sait pas exactement quel est le type de chaque firme. Par conséquent, il ne peut pas maîtriser l'effort d'innovation. Il peut seulement observer le coût réalisé de la firme i . Pour déterminer l'information concernant l'efficacité des firmes, le régulateur implémente un mécanisme incitant les firmes à révéler leur efficacité.

3.1 Information et technologie

On évolue dans un environnement à information incomplète avec $N + 1$ agents (un régulateur et N firmes) tels que $N = \{1, 2\}$. Chaque firme dispose de *coûts fixes* F qui sont connaissance commune et d'une fonction de *coût variable* $C_i = (\beta_i - e_i) q_i$. Cette fonction de coût caractérise la technologie de la firme $i, \forall i \in N$. On note q_i le niveau de production²⁷. $\beta_i, \forall i \in N$ est issu d'une distribution jointe de connaissance commune sur \mathcal{B}^2 avec $\mathcal{B} = \{\underline{\beta}, \bar{\beta}\}$ un support commun pour $i, j \in N^2$. On note $\beta_i \in [\underline{\beta}, \bar{\beta}]$ un paramètre de sélection adverse (on parle également de type ou de paramètre

²⁶Ceci renvoie aux facteurs de confiance interorganisationnelle

²⁷ q_i est le montant de bien public pouvant être produit au coût C_i .

exogène de productivité ou d'efficacité). On a $\underline{\beta} < \bar{\beta}$ c'est à dire que l'efficacité est meilleure dans l'industrie pour $\underline{\beta}$ réalisé pour la firme i et $\Pr [\beta_i = \underline{\beta}] = (1 - \nu)$. Une variable d'aléa moral e_i diminue le coût C_i mais entraîne une désutilité $\psi(e_i)$ pour la firme²⁸. On a $\psi'(\cdot) > 0, \psi''(\cdot) > 0$ et $\psi'''(\cdot) > 0$. Les consommateurs retirent un *surplus brut* $S(q)$ avec $S'(\cdot) > 0$ et $S''(\cdot) < 0$ de la consommation des biens des firmes. La fonction de demande inverse est notée $p(\cdot)$ et le versement de *transferts bruts* compensatoires du régulateur vers les firmes est noté $h(u(\hat{t}_i))$ pour la firme $i, \forall i \in N$. L'utilité nette des firmes est $U_i = u(t_i) - \psi(e_i)$ avec $u(t_i) = h(u(\hat{t}_i)) + p(q)q_i - (\beta_i - e_i)q_i - F$ les *transferts nets* compensatoires²⁹. La contrainte de participation intermédiaire est notée $U_i = u(t_i) - \psi(\beta_i - c_i) \geq 0$ en substituant e_i par $\beta_i - c_i$ avec $c_i = \frac{C_i}{q_i}$. Pour financer $h(u(\hat{t}_i))$, le régulateur doit augmenter les taxes avec un coût des fonds publics $1 + \lambda, \lambda > 0$. Le *surplus net* des consommateurs est donc $V = S(q) - p(q)q - (1 + \lambda)h(u(\hat{t}))$. La fonction de bien-être social est donnée par la somme du surplus net des consommateurs et des utilités nettes des firmes telle que

$$\begin{aligned} W &= \sum_i U_i + V \\ &= S(q) + \lambda p(q)q - (1 + \lambda) \sum_i ((\beta_i - e_i)q_i + F + \psi(e_i)) - \lambda \sum_i U_i \end{aligned} \quad (1)$$

3.2 Corrélation

Concernant la corrélation, on exprime les probabilités $\pi(\beta_i, \beta_j)$ de chaque état $(\beta_i, \beta_j), \forall i, j \in N^2$ comme la distribution des croyances *a priori*. Cette distribution est connaissance commune. On note pour la suite $\pi(\bar{\beta}, \bar{\beta}) = \pi_{11}, \pi(\bar{\beta}, \underline{\beta}) = \pi_{12}, \pi(\underline{\beta}, \bar{\beta}) = \pi_{21}$ et $\pi(\underline{\beta}, \underline{\beta}) = \pi_{22}$. Pour mettre en évidence la coordination des firmes, on considère que β_1 et β_2 sont positivement corrélés et $\frac{\pi_{12}}{\pi_{11}} \leq \frac{\pi_{22}}{\pi_{21}}$. Le coefficient de corrélation noté $\rho = \pi_{11}\pi_{22} - \pi_{12}\pi_{21}$ traduit un degré de corrélation positive³⁰ pour $\rho \in]0, 1]$ (avec $\rho = 0$ pour des types indépendants). Par souci de simplicité, on évite les complications techniques inutiles dans ce cas en supposant $\pi_{12} \leq \pi_{11}$. On note également q_{11}, q_{12}, q_{21} et q_{22} le niveau de production lorsque les deux firmes revendiquent respectivement être de type $\bar{\beta}, \bar{\beta}$ pour la firme 1 et $\underline{\beta}$ pour la firme 2, $\underline{\beta}$ pour la firme 1 et $\bar{\beta}$ pour la firme 2 et $\underline{\beta}$ pour les deux firmes. De la même façon, on a les transferts $h(u(t_{kl}))$ pour $k, l \in \{1, 2\}$ reversés à une firme de type $\beta_i = \underline{\beta} + (2 - k)\Delta\beta$ sachant que l'autre firme est de type $\beta_j = \underline{\beta} + (2 - l)\Delta\beta$ avec $\Delta\beta = (\bar{\beta} - \underline{\beta})$. Par la suite, on notera les utilités des firmes:

$$U_{kl} = u(t_{kl}) - \psi(\beta_i - c_{kl}), \forall i, j \in N^2, \forall k, l \in \{1, 2\} \quad (2)$$

²⁸ e_i est un niveau d'effort d'innovation ou d'investissement avec un coût de désutilité de l'effort $\psi(e_i)$.

²⁹Dans cette relation $p(q)$ signifie $p(q_1 + q_2)$. De la même façon $h(u(\hat{t})) = h(u(\hat{t}_1 + \hat{t}_2))$. De plus, $h = u^{-1}(\cdot)$ strictement convexe.

³⁰Le coefficient de corrélation linéaire est tel que $\rho \in [-1, 0[\cup]0, 1]$. La corrélation peut être respectivement négative ou positive. Or ici nous prenons uniquement le cas d'une corrélation positive.

3.3 Protocole

La firme non efficace peut être tentée de mentir au régulateur. On va donc modéliser la possibilité de révéler ses vraies préférences par une probabilité $\sigma(\cdot)$ liée à l'efficacité $\beta = \bar{\beta}$. $\sigma(\cdot)$ représente le signal mixte émis par la firme non efficace. Par dessus tout, on considère que le régulateur peut réduire cette incertitude sur l'efficacité des firmes par l'intermédiaire des dépenses publiques x permettant de financer l'implémentation d'un mécanisme. Les firmes sont donc incitées à pleinement ou partiellement révéler leur véritable type. Un signal mixte se note $\sigma(x)\beta = \tilde{\beta}$ avec³¹ $\sigma(0) = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} \sigma(x) = 1, \sigma'(x) > 0, \sigma''(x) < 0$. Donc, plus les dépenses engagées par le régulateur sont importantes ($x \rightarrow +\infty$), plus les firmes sont incitées à pleinement révéler leur véritable type ($\sigma(x) = 1$).

Lorsque le régulateur veut implémenter un contrat de renégociation rigide, il est susceptible d'imposer l'implémentation du contrat avec la probabilité $\mu(x)$ mais il ne peut éviter la renégociation avec la probabilité $1 - \mu(x)$. On suppose que $\mu(0) = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} \mu(x) = 1, \mu'(x) > 0, \mu''(x) < 0$.

En effet, *plus le régulateur dépense dans un mécanisme susceptible d'inciter les firmes à révéler leurs préférences (dans un mécanisme de corrélation), plus les firmes vont effectivement révéler leurs préférences. Plus les firmes vont révéler leurs préférences, plus le régulateur social est capable de les inciter à suivre ses recommandations (dans un mécanisme de renégociation rigide)*. Le protocole met en relation l'incitation à révéler son véritable type $\sigma(x)$ avec l'incitation à suivre les recommandations du régulateur $\mu(x)$.

$$\mu(x) = \sigma(x) \quad (3)$$

avec $x = \{x^*, x^c, x^E\}$ les dépenses optimales respectivement d'un mécanisme rigide non renégociable, d'un mécanisme de corrélation, d'un mécanisme rigide renégociable.

3.4 Surplus social

Par contre, si une des firmes obtient une utilité inférieure à son niveau de *statu quo* elle est tentée de renégocier son contrat. Cette renégociation est modélisée à partir d'une solution de négociation de Nash incluant le coût de cette renégociation via le paramètre δ avec³² $\delta \in [0; 1]$. Si la négociation échoue, les gains de *statu quo* obtenus par les $N + 1$ agents sont les suivants: les firmes perdent leurs coûts fixes et obtiennent un gain de $U_0 = -F$ et le régulateur obtient un gain de $w_0 = -H$. La renégociation intervient dans ce modèle uniquement lorsque $\beta = \bar{\beta}$. Elle est le résultat du programme:

$$\max_{e_{kl}, q_{kl}, U_{kl}^E} \left\{ \begin{array}{l} (U_{kl}^E - U_0) (\delta w_{kl}^E - 2\lambda U_{kl}^E - w_0) \\ = (U_{kl}^E + F) (\delta w_{kl}^E - 2\lambda U_{kl}^E + H) \end{array} \right\}, \forall k, l \in \{1, 2\} \quad (4)$$

³¹Dans ce cas, on a $\tilde{\beta} = \sigma(x)\bar{\beta}$ pour la firme inefficace et $\tilde{\beta} = \sigma(x)\underline{\beta}$ pour la firme efficace. Or, on considèrera dans ce qui suit que $\sigma(x)\underline{\beta} = \underline{\beta}$ car la firme efficace n'a aucun intérêt à mentir sur son type contrairement à la firme inefficace.

³²Lorsque $\delta \rightarrow 0$ la renégociation est inefficace donc coûteuse et lorsque $\delta \rightarrow 1$ la renégociation est efficace et donc peu coûteuse.

avec $w_{kl} = S(q) + \lambda p(q)q - 2(1 + \lambda)((\bar{\beta} - e_{kl})q_{kl} + F + \psi(e_{kl}))$ et $U_{kl}^E, \forall k, l \in \{1, 2\}$ dénote du résultat de la négociation de la relation (4). Le résultat a la forme:

$$U_{kl}^E = \frac{\delta w_{kl}^E + H}{4\lambda} - \frac{F}{2}, \forall k, l \in \{1, 2\} \quad (5)$$

c'est à dire que les firmes et le régulateur se partagent équitablement le surplus social.

3.5 Fonction objectif (Welfare)

La fonction objectif du régulateur, dans le cas d'une corrélation des signaux émis par les firmes, s'écrit à l'aide de la relation (1):

$$W_{\sigma(x)}^{\rho \neq 0} = \pi_{22} [w_{22} - 2\lambda U_{22}] + \pi_{21} [w_{21} - 2\lambda U_{21}] + \sigma(x) \{ \pi_{11} [w_{11} - 2\lambda U_{11}] + \pi_{12} [w_{12} - 2\lambda U_{12}] \} - (1 + \lambda)x \quad (6)$$

Dans le cas d'une indépendance des signaux, on obtient:

$$W_{\sigma(x)}^{\rho=0} = (1 - \nu)^2 [w_{22} - 2\lambda U_{22}] + (1 - \nu)\nu [w_{21} - 2\lambda U_{21}] + \sigma(x) \{ \nu^2 [w_{11} - 2\lambda U_{11}] + \nu(1 - \nu) [w_{12} - 2\lambda U_{12}] \} - (1 + \lambda)x \quad (7)$$

In fine, dans le cas d'une renégociation, les signaux des firmes restent indépendants et la nouvelle fonction objectif du régulateur devient:

$$\begin{aligned} \mathcal{W}_{\mu(x)}^{\rho=0} &= (1 - \nu)^2 [w_{22} - 2\lambda U_{22}] + (1 - \nu)\nu [w_{21} - 2\lambda U_{21}] + \mu(x) \{ \nu^2 [w_{11} - 2\lambda U_{11}] + \nu(1 - \nu) [w_{12} - 2\lambda U_{12}] \} + \\ & (1 - \mu(x)) \left\{ \begin{array}{l} \nu^2 (1 - P) [\delta w_{11}^E - 2\lambda U_{11}^E] + \\ \nu(1 - \nu)(1 - P) [\delta w_{12}^E - 2\lambda U_{12}^E] - \nu^2 PH - \nu(1 - \nu) PH \end{array} \right\} \\ & - (1 + \lambda)x \end{aligned} \quad (8)$$

avec P la probabilité que la négociation échoue.

4 LES RÉSULTATS

Dans cette section, on s'intéresse à la régulation optimale des dépenses publiques x pour implémenter un contrat de concession socialement optimal *révélateur* mais pas nécessairement *direct*. Les contraintes incitatives (à la compatibilité, à la participation *ex ante* et intermédiaires) sont présentées dans l'**Annexe 1**. L'**Annexe 2** expose deux algorithmes: l'**Algorithme 1** nécessaire à l'obtention d'un contrat optimal de régulation avec corrélation et l'**Algorithme 2** nécessaire à l'obtention d'un contrat optimal renégociable rigide.

4.1 Le Résultat principal

Dans un premier temps, on définit l'espérance de gain socialement optimale d'un contrat de régulation pour des firmes corrélées ($\rho \neq 0$) par rapport à un contrat de régulation simple ($\rho = 0$).

DÉFINITION .1. *Sachant l'incitation à révéler son véritable type $\sigma(x^c)$ des firmes averses au risque lorsqu'il existe une corrélation entre elles ($\rho \neq 0$), alors il existe un contrat de régulation simple avec une incitation à révéler son véritable type $\sigma(x)$ des firmes averses au risque lorsqu'elles restent indépendantes ($\rho = 0$) tel que $W_{\sigma(x)}^{\rho=0} < W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0}$ avec $\sigma(x) \neq \sigma(x^c)$.*

La simulation de $\sigma(x^c)$ dans un contrat de régulation simple (sans renégociation) permet d'obtenir une espérance de gain socialement optimale à l'équilibre équivalente à une corrélation pour une valeur de x^c .

PROPOSITION .1. *Sachant l'incitation à révéler son véritable type $\sigma(x^c)$ des firmes averses au risque lorsqu'il existe une corrélation entre elles ($\rho \neq 0$), alors il existe un contrat de régulation simple avec une incitation à révéler son véritable type $\sigma(x)$ des firmes averses au risque lorsqu'elles restent indépendantes ($\rho = 0$) qui simule cette corrélation tel que $\sigma(x) = \sigma(x^c)$ et une valeur de $W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0} = W_{\sigma(x^c)}^{\rho=0}$, pour*

$$x^c = \frac{\sum_l (\pi_{2l}^{\rho=0} - \pi_{2l}) [2l]}{\sigma'(x^c) \sum_l ((\pi_{1l} - \pi_{1l}^{\rho=0}) [1l])}$$

avec $[kl] := [w_{kl} - 2\lambda U_{kl}]$, $\forall k, l \in \{1, 2\}$.

DEMONSTRATION. cf. **Annexe 3** ■

On peut maintenant établir le principal résultat de ce travail. Ce résultat implique que les parties, au mieux obtiennent une issue meilleure ou (au moins) équivalente à une corrélation, au pire une issue meilleure ou (au moins) équivalente à une simple renégociation rigide optimale.

PROPOSITION .2. *Sachant l'incitation à révéler son véritable type $\sigma(x^c)$ des firmes averses au risque lorsqu'il existe une corrélation entre elles ($\rho \neq 0$), alors il existe un contrat de renégociation rigide avec une incitation à suivre les recommandations $\mu(x)$ du régulateur lorsqu'elles restent indépendantes ($\rho = 0$) qui simule la corrélation entre les firmes averses au risque tel que $\mu(x) = \sigma(x^c)$ avec une valeur de*

$$\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \geq W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0}, \text{ pour } (1 - \sigma(x^c)) \{.\} \geq 0$$

et tel que $\mu(x^E) = \sigma(x^c)$ avec une valeur de

$$\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \geq \mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0}, \text{ pour } (1 - \sigma(x^c)) \{.\} < 0$$

sachant $x^c, \forall \delta \in [0, 1], \forall P \in [0, 1]$.

DEMONSTRATION. cf. **Annexe 3** ■

Pour $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c)$, le résultat met en évidence l'élasticité $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)$. Cette élasticité exprime l'effet de la variation des dépenses publiques $\frac{\partial \sigma(x^c)}{\partial x^c}$ nécessaires à l'implémentation d'une corrélation dans un contrat renégociable rigide. Dans le cas analysé – c'est à dire dans la pire des situations – lorsque $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c)$, les dépenses x^c évoluent au même rythme que les dépenses x^E car $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 1$.

4.2 Commentaires

Le régulateur peut faire varier la relation (3). L'ensemble des commentaires qui suivent font références à la démonstration de la proposition 2.

Quel est l'effet d'une variation des facteurs de coordination ($\mu(x^E)_{P=1} \neq \sigma(x^c)$) sur le bien-être social dans le cas d'un échec de la négociation et pour un surplus de la renégociation négatif?

Supposons un régulateur défavorisant³³ les facteurs nécessaires à une corrélation dans le contrat de concession renégociable. Dans ce cas, il n'y a que 50% de chances pour que les firmes suivent les recommandations du régulateur³⁴ tel que $\mu(x^E)_{P=1} = 2\sigma(x^c)$ alors que la simulation optimale nécessaire à l'implémentation devrait être telle que $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c)$. On obtient³⁵ $\Delta > 0$. Par ailleurs, la variation optimale des dépenses donnera $2\sigma'(x^c) = \mu'(x^E)_{P=1}$ pour une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = \frac{1}{2}$. On voit bien que $(1 - \varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)) > 0$ vérifie $\Delta > 0$. *A contrario*, si maintenant le régulateur favorise les facteurs nécessaires à une corrélation tel que $\mu(x^E)_{P=1} = \frac{1}{2}\sigma(x^c)$, le résultat devient $\Delta < 0$. Ce résultat est confirmé par une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 2$.

La première (respectivement seconde) observation peut s'interpréter comme l'inefficience (respectivement l'efficience) à défavoriser (respectivement favoriser) les facteurs de confiance et de contrôle dans le protocole d'un contrat de concession rigide renégociable. L'élasticité vient confirmer ce que l'on observe de l'(in)efficience du bien-être social.

Quel est l'effet d'une variation des dépenses ($x_{P=1}^E \neq x^c$) sur le bien-être social dans le cas d'un échec de la négociation et pour un surplus de la renégociation négatif?

Supposons un régulateur désirant utiliser moins³⁶ que le budget nécessaire à une corrélation. On traduit cela par la relation $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(2x^c)$ alors que la simulation optimale nécessaire à l'implémentation est telle que $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c)$. On obtient une indétermination $\Delta \lesseqgtr 0$. Par ailleurs, la variation optimale des dépenses donnera³⁷ $\sigma'(2x^c) = \mu'(x^E)_{P=1}$ pour une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 1$.

³³A hauteur de 50% de l'information nécessaire à une corrélation par exemple. Par défavoriser, on entend diminuer le nombre de facteurs ou l'intensité des facteurs dans le protocole.

³⁴Le régulateur est, donc, 2× moins capable d'inciter les firmes à suivre ses recommandations.

³⁵Pour $\Delta = \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \right]_{P=1} - \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \right]_{P=1}$

³⁶Ce choix peut être lié à une décision de faire des économies sur l'implémentation d'un tel contrat par le régulateur sachant que les facteurs de coordination sont maintenus dans le contrat de concession renégociable rigide.

³⁷Sachant que comme $x^E = 2x^c$, on a $\sigma'(2x^c) = \mu'(x^E)_{P=1} \Leftrightarrow \frac{\partial \sigma(2x^c)}{\partial 2x^c} = \frac{\partial \mu(x^E)_{P=1}}{\partial x_{P=1}^E}$.

L'élasticité permet de lever l'indétermination dans ce cas³⁸ avec $(1 - \varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)) = 0$ vérifiant $\Delta = 0$. Si le régulateur utilise plus que le budget nécessaire à une corrélation, tel que $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(\frac{1}{2}x^c)$ alors, de la même façon, l'indétermination sera levée par une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 1$.

Dans ce cas, l'effet d'une variation de la politique budgétaire sur le bien-être social est neutralisé *ceteris paribus*. Seule l'élasticité permet de conclure à l'efficacité du bien-être social.

Quel est l'effet d'une variation simultanée des facteurs de coordination ($\mu(x^E)_{P=1} \neq \sigma(x^c)$) et des dépenses ($x_{P=1}^E \neq x^c$) sur le bien-être social dans le cas d'un échec de la négociation et pour un surplus de la renégociation négatif?

Supposons que la réduction des dépenses du régulateur défavorise les facteurs nécessaires à une corrélation. On traduit cela par la relation $\mu(x^E)_{P=1} = 2\sigma(2x^c)$ alors que la simulation optimale nécessaire à l'implémentation est telle que $\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c)$. On obtient une indétermination $\Delta \lesseqgtr 0$. Dans ce cas, la variation optimale des dépenses donnera $2\sigma'(2x^c) = \mu'(x^E)_{P=1}$ pour une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = \frac{1}{2}$. On voit bien que $(1 - \varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)) > 0$ ce qui permet de conclure que $\Delta > 0$. Dans le cas symétrique où l'augmentation des dépenses du régulateur favorise les facteurs nécessaires à une corrélation, tel que $\mu(x^E)_{P=1} = \frac{1}{2}\sigma(\frac{1}{2}x^c)$, on obtient également une indétermination levée par une élasticité de $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 2$. Dans ce cas $(1 - \varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)) < 0$.

En résumé, les facteurs du protocole favorisant la corrélation sont plus influents que le budget nécessaire à l'implémentation de cette corrélation dans la recherche de l'efficacité du bien-être social. Les élasticités viennent entériner ce résultat.

4.3 Exemple: Une Application aux concessions hydroélectriques à usage multiple

Le cas particulier des concessions hydroélectriques à usage multiple s'inscrit dans le problème global de raréfaction des ressources en eau douce de bonne qualité (Vigo (2005), Guerassimoff and Maïzi (2011)). En effet, l'eau est considérée comme une ressource-flux³⁹ et son caractère cyclique la rend temporairement disponible. D'un point de vue qualitatif, on la considère de fait comme une ressource multifonctionnelle renouvelable (pluies) mais épuisable. Le constat malheureux selon lequel l'offre d'eau est globalement inférieure à sa demande, notamment pour l'agriculture, est exacerbé par une forte pression du transfert de cette ressource du secteur agricole vers l'industrie. Cela traduit une forte concurrence entre les différents secteurs d'activité pour l'utilisation de l'eau. En France, l'eau est la première source d'énergie renouvelable situant le pays au second rang (après la Norvège) des producteurs d'électricité à partir d'énergie renouvelable de l'Union Européenne. Elle représente une alternative de moyen/long terme au regard de l'épuisement des énergies fossiles dont les usages sont répertoriés dans le tableau suivant inspiré de Vigo (2005):

L'offre de ressources hydriques est flexible et permet des tarifs à la consommation stables car indépendants des achats de combustibles. En ce qui concerne l'irrigation,

³⁸On déduit également que, dans ce cas, $\frac{\partial \sigma(2x^c)}{\partial 2x^c} = \frac{\partial \sigma(x^c)}{\partial x^c}$.

³⁹Par opposition aux ressources stocks minières.

Hydroélectricité	55%
Approvisionnement en eau potable	19%
Irrigation	14%
Etiage	6%
Navigation	3%
Pertes et autres	3%

Table 2: Usages des ressources en stock depuis 1990

elle s'est fortement développée en France entre 1970 et 1995 dans le secteur agricole avec une utilisation consomptive⁴⁰ de la ressource.

Quels sont les antagonismes observables dans le cas de l'hydroélectricité face à l'irrigation?

Dans ce cas précis, l'eau est une ressource non exclusive mais rivale traitée en propriété commune avec un usage commun d'un groupe d'individus (Agriculteurs et EDF par exemple). Un **premier antagonisme** est lié à la nature des gains: *marchands et/ou non marchands*. Lorsque, par exemple, grâce à un lâcher d'eau l'utilisation de l'eau par le secteur agricole génère des revenus qui lui sont favorables, alors c'est un manque à gagner pour EDF. Le raisonnement est le même pour des lois favorisant davantage le secteur agricole au détriment d'EDF. Un **second antagonisme** est lié à la nature des bénéficiaires: *les firmes et/ou la collectivité*. Le secteur agricole peut bénéficier d'un lâcher d'eau du barrage EDF lui permettant de diminuer ses coûts de production alors que la perte d'un certain volume d'eau pour EDF accentue ses coûts fixes irrécupérables (au moins avant les prochaines pluies). Cette diminution des coûts de production entraîne une répercussion à la baisse sur les prix à la consommation pour la collectivité. Un **troisième antagonisme** est lié à la temporalité: *présent t et/ou futur $t + 1$* . L'utilisation des réserves d'eau par le secteur agricole à un instant t (en été par exemple) est un risque de manque en cas d'un accroissement imprévu de la demande en électricité durant la même période. Par ailleurs, l'utilisation pour irriguer en t est nécessaire pour une récolte et une vente en $t + 1$. Or, ce qui n'est pas stocké par EDF en t ne permet pas de répondre à la demande en $t + 1$. *In fine*, un **quatrième antagonisme** est lié à l'échelle: *locale et/ou globale*. La proximité des surfaces agricoles par rapport aux barrages permet de diminuer les coûts de captation pour les agriculteurs et de répercuter cette baisse sur une diminution locale et/ou globale des tarifs à la consommation.

Existe-t-il un moyen de coordination entre EDF et le secteur agricole?

La réponse est oui. Economiquement parlant, la production hydroélectrique est non consomptive avec une restitution de la quasi totalité des volumes utilisés et une absence de modification conséquente des caractères physico-chimiques. Elle peut donc être réutilisée par le secteur agricole. Institutionnellement parlant, la loi du 16 Octobre 1919 qui a été actualisée par la loi sur l'eau de 1992 préserve les intérêts des acteurs agricoles d'un côté et d'EDF de l'autre côté dans l'exploitation de la ressource hydrique.

Quel cadre juridique permet de mettre en place cette collaboration?

Sous un **régime tarifaire** précis et une mise en concurrence par appel d'offre

⁴⁰L'eau utilisée ne peut être réutilisée à d'autres applications (sauf en cas de retraitement coûteux) car son caractère physico-chimique est transformé.

depuis l'arrivée à échéance de la plupart des concessions, on préconise un instrument sous forme de **contrat de concession** avec une clause de sauvegarde. Ces contrats permettent d'assurer une implication des différents partenaires en conflits dans l'utilisation de la ressource. De cette façon, on évite les problèmes de *free riding*. Par la même occasion, on évite les problèmes liés à la "tragédie des communs" car le protocole de communication utilisé est une gestion concertée permettant l'élaboration de convention d'ouverture au multi-usage des sites hydroélectriques via les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) et les contrats de rivière.

Un protocole de gestion concerté contribue-t-il toujours à réaliser l'objectif pour lequel il a été implémenté?

La réponse est non, mais les facteurs empiriques de *confiance* et de *contrôle* du protocole favorisent la réalisation de cet objectif. Les facteurs de confiance institutionnels sont représentés par la loi 1992 qui prévoit un protocole sécheresse ou une réquisition préfectorale en cas de conditions climatiques exceptionnelles si les droits de concessions appartiennent déjà à EDF. Par contre, si la concession est arrivée à terme, l'Etat peut se tourner vers d'autres concessionnaires. Dans ce cas, on préconise une collaboration avec EDF car la confiance interorganisationnelle est un facteur décisif dans le succès du projet. Les conditions climatiques (Sécheresse des années 1989-1990) ainsi que le financement sont également des facteurs de succès ou d'échec du projet. Les facteurs de contrôle sont liés à l'existence d'une autorité de contrôle indépendante comme l'agence de l'eau ainsi qu'au mode de gouvernance⁴¹. Les autres facteurs influençant le succès du projet sont liés à l'efficacité de la négociation (coûts de renégociation éventuels, garantie d'un volume minimum relâché par EDF, contrats d'options sur l'eau, contrats d'assurance risque sécheresse, etc...), à un changement des décideurs publics que ce soit au niveau local ou national et enfin au montant des coûts fixes irrécupérables et des investissements privés.

Comment s'assurer que le consensus contribue à une amélioration du bien-être collectif net?

Compte tenu des **PROPOSITION .1.** et **PROPOSITION .2.**, on montre que l'avantage des règles de confiance et de contrôle du protocole de gestion concerté en complément du surplus issu de la renégociation améliore globalement le bien être collectif net sauf dans le cas où la négociation échoue et que le surplus issu de la renégociation est négatif. Mais même dans ce cas, la pire issue montre que le bien-être collectif net reste, malgré tout, équivalent à ce qu'il serait en l'absence d'une gestion concertée axée sur les facteurs de confiance et de contrôle.

Quelles recommandations?

Compte tenu des résultats présentés dans cet article, on préconise la prise en considération des protocoles de gestion concerté—favorisant la loi 1992 sur leau, la confiance historique à EDF et la régulation par l'agence de leau—directement dans la clause de sauvegarde.

⁴¹Une concession dans ce cas

5 CONCLUSION

Dans ce papier, on implémente un contrat de concession rigide renégociable dont le protocole simule une collaboration. L'intérêt est que les parties peuvent mutuellement se cacher leur information privée et la communiquer secrètement et sécuritairement uniquement aux pouvoirs publics. Aucune d'entre elles n'a donc intérêt à mentir aux pouvoirs publics concernant sa productivité ni à cacher le véritable effort qu'elle est prête à fournir puisque son intérêt privé reste garanti par la confidentialité de l'échange informationnel.

De ce point de vue, le résultat principal montre que les parties, au mieux obtiennent une issue meilleure ou (au moins) équivalente à une corrélation, au pire une issue meilleure ou (au moins) équivalente à une simple renégociation rigide optimale.

On propose par la suite de faire varier les facteurs du protocole favorisant la collaboration ainsi que la politique budgétaire des pouvoirs publics. On observe que les dépenses budgétaires de l'Etat n'ont qu'une influence toute relative sur le bien-être social. Cette influence est relative au protocole élaboré dans la phase pré-exécutoire du contrat de concession rigide renégociable comme cela a été observé précédemment. Ce résultat confirme bien les observations empiriques selon lesquelles le financement ne représente que l'avant dernier facteur de succès d'un PPP⁴². Les principaux facteurs de succès sont liés à la confiance et au contrôle.

On peut néanmoins pointer certaines limites. Premièrement, l'inexistence d'une collaboration *stricto sensu* entre public et privé (pour des risques évidents de confidentialité) implique que seules les données provenant de la simulation de la corrélation par les pouvoirs publics peuvent servir de référence pour comparer les résultats. Deuxièmement, la collaboration (même simulée) n'est pas toujours réalisable entre des parties dont les conflits d'intérêts sont trop divergents.

On peut finalement s'interroger sur l'effet de la simulation d'un choc macro-économique sur les macro-dimensions représentant les facteurs de confiance et de contrôle des contrats de PPP renégociables à l'aide d'un modèle VAR. Le but étant de tester l'effet des élasticités sur le bien-être social.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Aghion P., Dewatripont M. and Rey P. (1994) "Renegotiation Design with Unverifiable Information" *Econometrica*, vol.62, pp.257-282.
- [2] Beuve J., De Brux J. and Saussier S. (2011) "Renegotiations and Renewals in Public Private Agreements: An Empirical Analysis" Discussion Paper, n°04, IAE Paris.
- [3] Estache A., Guasch J-L. and Trujillo L. (2003) "Price Caps, Efficiency Payoffs and Infrastructure Contract Renegotiation in Latin America" Policy Research Working Paper, n°3129, The World Bank Institute.
- [4] Green J. and Laffont J-J. (1992) "Renegotiation and the Form of Efficient Contract" *Annales d'Economie et de Statistique*, vol.26, pp.123-150.

⁴²4.95/7 selon Préfontaine et Ramonjavelo (2007).

- [5] Guasch J-L. (2003) "Concessions: Bust or Boom? An Empirical Analysis of Fifteen Years of Experience in Concessions in Latin America and Caribbean" Policy Research Working Paper, The World Bank Institute, Washington DC.
- [6] Guasch J. L., Laffont J-J. and Straub S. (2006) "Renegotiation of Concession Contracts: A Theoretical Approach" *Review of Industrial Organization*, vol.29, pp.55-73.
- [7] Guasch J. L., Laffont J-J. and Straub S. (2007) "Concessions of Infrastructure in Latin America: Government-led Renegotiation" *Journal of Applied Econometrics*, vol.22, pp.1267-1294.
- [8] Guasch J. L., Laffont J-J. and Straub S. (2008) "Renegotiation of Concession Contracts in Latin America: Evidence from the Water and Transport Sectors" *International Journal of Industrial Organization*, vol.26, pp.421-442.
- [9] Guérassimoff G. and Maïzi N. (2011) "Eau et Energie: Destins Croisés" Ouvrage collectif, Collection Développement Durable, Presse des Mines, 315 pages.
- [10] Hart O. and Moore J. (1988) "Incomplete Contracts and Renegotiation" *Econometrica*, vol 56 pp 755-785.
- [11] Laffont J-J. (2003) "Enforcement, Regulation and Development" *Journal of African Economies*, vol.12, pp.193-211.
- [12] Laffont J-J. (2005) "Regulation and Development" Cambridge University Press.
- [13] Laffont J-J. and Martimort D. (1997) "Collusion under Asymmetric Information" *Econometrica*, vol.65, pp.875-911.
- [14] Laffont J-J. and Martimort D. (2000) "Mechanism Design with Collusion and Correlation" *Econometrica*, vol.68, pp.309-342.
- [15] Mc Afee P. and Reny P. (1991) "Correlated Information and Mechanism Design" *Econometrica*, vol.60, pp.395-421.
- [16] Percebois J. (1997) "La Dérégulation de L'industrie Electrique en Europe et aux Etats-Uni: Un Processus de Décomposition-Recomposition" CREDEN, Cahiers de recherche , Juillet, 40 pages.
- [17] Percebois J. (2003) "Ouverture à la Concurrence et Régulation des Industries de Réseaux. Le cas du Gaz et de l'Electricité: Quelques Enseignements au vu de l'Expérience Européenne" CREDEN, Cahiers de recherche , Novembre, 28 pages.
- [18] Préfontaine L. and Ramonjavelo V. (2007) "Les PPP: Résultats d'une Recherche Empirique Pancanadienne sur les Facteurs de Succès, les Mécanismes de Coordination et les Modes de Gouvernance" Rapport de recherche, Projet subventionné par le FQRSC, 18 pages.

- [19] Segal I. and Whinston M. D. (2002) "The Mirrlees Approach to Mechanism Design with Renegotiation (with Application to Hold-up and Risk Sharing)" *Econometrica*, vol 70 pp 1-45.
- [20] Skander D. and Préfontaine L. (2010) "Le Mariage Public-Privé, pour le Meilleur ou pour le Pire: une Etude de Cas sur l'Evolution de la Confiance et Contrôle dans les PPP", Actes du Colloque de l'AIMS, Juin, 25 pages.
- [21] Vigo R. (2005) "Les Mécanismes d'Allocation Intersectorielle et Intra annuelle de l'Eau: Le cas Particulier des Centrales Hydroélectriques et de l'Irrigation" Thèse Master of Science: CIHEAM-IAM Montpellier, n°74, 106 pages.
- [22] Williamson O.E. (1985) "The Economic Institutions of Capitalism", New York: Free Press Traduction Française "Les Institutions de l'Economie", Inter Edition (1994), 404 pages.

6 Appendice

6.1 Annexe 1: Contraintes incitatives

Le mécanisme doit être *incitatif à la compatibilité* (c'est à dire incitatif à la révélation). Les contraintes présentées sont établies dans le cas où $\rho \in]0, 1]$. Les contraintes suivantes doivent être vérifiées:

$$\begin{aligned} & \pi_{11} (u(t_{11}) - \psi(\bar{\beta} - c_{11})) + \pi_{12} (u(t_{12}) - \psi(\bar{\beta} - c_{12})) \\ & \geq \pi_{11} (u(t_{21}) - \psi(\bar{\beta} - c_{21})) + \pi_{12} (u(t_{22}) - \psi(\bar{\beta} - c_{22})) \end{aligned} \quad (\text{Ia})$$

et

$$\begin{aligned} & \pi_{21} (u(t_{21}) - \psi(\underline{\beta} - c_{21})) + \pi_{22} (u(t_{22}) - \psi(\underline{\beta} - c_{22})) \\ & \geq \pi_{21} (u(t_{11}) - \psi(\underline{\beta} - c_{11})) + \pi_{22} (u(t_{12}) - \psi(\underline{\beta} - c_{12})) \end{aligned} \quad (\text{IIa})$$

que l'on peut réécrire

$$\begin{aligned} & \pi_{11}U_{11} + \pi_{12}U_{12} \\ & \geq \pi_{11} (U_{21} - \phi(\underline{\beta} - c_{21} + \Delta\beta)) + \pi_{12} (U_{22} - \phi(\underline{\beta} - c_{22} + \Delta\beta)) \end{aligned} \quad (\text{IIIa})$$

et

$$\begin{aligned} & \pi_{21}U_{21} + \pi_{22}U_{22} \\ & \geq \pi_{21} (U_{11} + \phi(\bar{\beta} - c_{11})) + \pi_{22} (U_{12} - \phi(\bar{\beta} - c_{12})) \end{aligned} \quad (\text{IVa})$$

avec $\phi(e_{kl}) = \psi(e_{kl}) - \psi(e_{kl} - \Delta\beta)$, $\phi' > 0$, $\phi'' > 0$. En ce qui concerne la *contrainte de participation ex ante* (c'est à dire avant que les firmes ne connaissent leur propre type), on a :

$$\sigma(x) [\pi_{11}U_{11} + \pi_{12}U_{12}] + \pi_{21}U_{21} + \pi_{22}U_{22} \geq 0 \quad (\text{Va})$$

Concernant la *contrainte de participation intermédiaire* (c'est à dire une fois que les firmes connaissent leur propre type mais qu'elles n'ont que des croyances portant sur les types des rivales), en tenant compte de la corrélation entre les firmes, on a :

$$\pi_{11}U_{11} + \pi_{12}U_{12} \geq 0 \quad (\text{VIa})$$

$$\pi_{21}U_{21} + \pi_{22}U_{22} \geq 0 \quad (\text{VIIa})$$

On note $\pi_{11}^{\rho=0} = \nu^2$, $\pi_{12}^{\rho=0} = \nu(1-\nu)$, $(1-\nu)\nu = \pi_{21}^{\rho=0}$, $\pi_{22}^{\rho=0} = (1-\nu)^2$ pour différencier le cas où $\rho = 0$ par rapport au cas où $\rho \neq 0$. Pour des firmes avec signaux indépendants, les contraintes (IIIa)-(VIa) sont à réécrire pour $\rho = 0$. Par conséquent, les contraintes d'*incitation à la compatibilité avec renégociation* sont :

$$U_{21} + U_{22} \geq \mu(x) [U_{11} + U_{12} + \phi(e_{11}) + \phi(e_{12})] + \quad (\text{VIIIa}) \\ (1 - \mu(x)) \{ (1 - P) [U_{11}^E + U_{12}^E + \phi(e_{11}^*) + \phi(e_{12}^*)] - 2PF \}$$

et

$$U_{11} + U_{12} \geq U_{21} + U_{22} - \phi(e_{21} + \Delta\beta) - \phi(e_{22} + \Delta\beta) \quad (\text{IXa})$$

La *contrainte de participation ex ante avec renégociation* est :

$$(1 - \nu)^2 U_{22} + (1 - \nu)\nu U_{21} + \mu(x) \{ \nu^2 U_{11} + \nu(1 - \nu) U_{12} \} + \quad (\text{Xa}) \\ (1 - \mu(x)) \left\{ \begin{array}{l} \nu^2 (1 - P) U_{11}^E + \nu(1 - \nu)(1 - P) U_{12}^E \\ -\nu^2 PF - \nu(1 - \nu) PF \end{array} \right\} \geq 0$$

et les *contraintes de participation intermédiaire avec renégociation* sont exprimées par les relations (VIa) et (VIIa) lorsque $\rho = 0$.

6.2 Annexe 2: Algorithmes

6.2.1 Algorithme 1

Premier niveau: On calcule la valeur optimale $\sigma(x^c)$ de la relation (6) à l'aide du programme suivant

$$\sigma(x^c) = \arg \max_x W_{\sigma(x)}^{\rho \neq 0} \quad (\text{Ib})$$

s/t

$$(\text{Va}) \quad \text{à} \quad (\text{VIIa})$$

On utilise la méthode standard connue pour résoudre ce genre de programme. Pour cela, on commence par saturer la contrainte de participation intermédiaire (VIa) lorsqu'au moins une des deux firmes est inefficace $\bar{\beta}$. En effet, cette saturation vient du fait que les multiplicateurs de Lagrange sont strictement positifs. La littérature sur le sujet montre que lorsqu'on sature les contraintes d'incitation (IIIa) et (IVa),

la contrainte de participation ex ante (Va) génère des espérances de gain négatives pour les firmes inefficaces. Pour éviter cela, le régulateur va également saturer la contrainte de participation intermédiaire (VIa) de la firme inefficace de manière à obtenir des espérances de gain positives. On obtient donc

$$\pi_{11}U_{11} + \pi_{12}U_{12} = 0 \quad (\text{IIb})$$

que l'on reporte dans la contrainte de participation ex ante (Va) de sorte que: $\pi_{21}U_{21} + \pi_{22}U_{22} = -\sigma(x) [\pi_{11}U_{11} + \pi_{12}U_{12}]$. Ce résultat permet d'obtenir

$$\pi_{21}U_{21} + \pi_{22}U_{22} = 0 \quad (\text{IIIb})$$

On reporte (IIb),(IIIb) dans la relation (6). On calcul les conditions de premier ordre du programme (Ib)

$$\frac{\partial W_{\sigma(x)}^{\rho \neq 0}}{\partial x} = 0 \quad (\text{IVb})$$

Le résultat est le suivant:

$$\sigma'(x^c) = \frac{1 + \lambda}{\pi_{11}w_{11} + \pi_{12}w_{12}} \quad (\text{Vb})$$

On intègre la relation (Vb) et on obtient:

$$\int \sigma'(x^c) dx^c = \sigma(x^c) = \frac{(1 + \lambda) x^c}{\pi_{11}w_{11} + \pi_{12}w_{12}} \quad (\text{VIb})$$

Second niveau: On calcule le contrat optimal $\{q_{kl}^E, e_{kl}^E\}_{\mu(x)=\sigma(x^c), \forall k, l \in \{1,2\}}$ de la relation (8) sachant (VIb) connu à l'aide du programme suivant

$$\begin{aligned} \{q_{kl}^E, e_{kl}^E\}_{\mu(x)=\sigma(x^c), \forall k, l \in \{1,2\}} &= \arg \max_{\{q_{kl}, e_{kl}\}} \mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \\ & s/t \\ & (\text{VIa}) \quad \text{à} \quad (\text{Xa}), \end{aligned} \quad (\text{VIIb})$$

6.2.2 Algorithme 2

Premier niveau: On calcule la valeur optimale $\mu(x^E)$ de la relation (8) à l'aide du programme suivant

$$\begin{aligned} \mu(x^E) &= \arg \max_x \mathcal{W}_{\mu(x)}^{\rho=0} \\ & s/t \\ & (\text{VIa}) \quad \text{à} \quad (\text{Xa}) \end{aligned} \quad (\text{1a})$$

On utilise la méthode standard connue pour résoudre ce genre de programme. Pour cela, on commence par saturer la contrainte de participation intermédiaire (VIa) lorsqu'au moins une des deux firmes est inefficace $\bar{\beta}$. En effet, cette saturation vient du fait que les multiplicateurs de Lagrange sont strictement positifs. La littérature sur le sujet montre que lorsqu'on sature les contraintes d'incitation (IIIa) et (IVa), la contrainte de participation ex ante (Va) génère des espérances de gain négatives

pour les firmes inefficaces. Pour éviter cela, le régulateur va également saturer la contrainte de participation intermédiaire (VIa) de la firme inefficace de manière à obtenir des espérances de gain positives. On obtient donc

$$\nu^2 U_{11} + \nu(1 - \nu) U_{12} = 0 \quad (2a)$$

que l'on reporte dans la contrainte de participation ex ante (Xa) de sorte que:

$$(1 - \nu)^2 U_{22} + (1 - \nu) \nu U_{21} = - (1 - \mu(x)) \left\{ \begin{array}{c} \nu^2 (1 - P) U_{11}^E + \nu(1 - \nu)(1 - P) U_{12}^E \\ -\nu^2 PF - \nu(1 - \nu) PF \end{array} \right\} \quad (3a)$$

On remplace U_{11}^E et U_{12}^E par leurs valeurs exprimées par la relation (5). On reporte (2a) et (3a) dans la relation (8). On calcul les conditions de premier ordre du programme (1a)

$$\frac{\partial \mathcal{W}_{\mu(x)}^{\rho=0}}{\partial x} = 0 \quad (4a)$$

Le résultat est le suivant:

$$\mu'(x^E) = \frac{1 + \lambda}{\nu^2 \{(1 - \delta) w_{11} + P(\delta w_{11} + H + 2\lambda F)\} + \nu(1 - \nu) \{(1 - \delta) w_{12} + P(\delta w_{12} + H + 2\lambda F)\}} \quad (5a)$$

On intègre la relation (5a) et on obtient:

$$\int \mu'(x^E) dx^E = \mu(x^E) = \frac{(1 + \lambda) x^E}{\nu^2 \{(1 - \delta) w_{11} + P(\delta w_{11} + H + 2\lambda F)\} + \nu(1 - \nu) \{(1 - \delta) w_{12} + P(\delta w_{12} + H + 2\lambda F)\}} \quad (6a)$$

Second niveau: On calcule le contrat optimal $\{q_{kl}^E, e_{kl}^E\}_{\mu(x)=\mu(x^E), \forall k, l \in \{1, 2\}}$ de la relation (8) sachant (6a) connu à l'aide du programme suivant

$$\begin{aligned} \{q_{kl}^E, e_{kl}^E\}_{\mu(x)=\mu(x^E), \forall k, l \in \{1, 2\}} &= \arg \max_{\{q_{kl}, e_{kl}\}} \mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \\ & \quad s/t \\ (VIa) \quad & \text{à} \quad (Xa) \end{aligned} \quad (7a)$$

6.3 Annexe 3:

DEMONSTRATION. **PROPOSITION .1.**

Supposons à l'aide de la relation (7) une valeur $W_{\sigma(x^c)}^{\rho=0}$ telle que

$$\begin{aligned} W_{\sigma(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} &= (1 - \nu)^2 [22] + (1 - \nu) \nu [21] + \\ & \sigma(x^c) \{ \nu^2 [11] + \nu(1 - \nu) [12] \} - (1 + \lambda) x^c \end{aligned}$$

avec $[kl] := [w_{kl} - 2\lambda U_{kl}]$, $\forall k, l \in \{1, 2\}$. Alors

$$W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0} - W_{\sigma(x^c)}^{\rho = 0} = 0 \quad (1b)$$

permet, à l'aide de la relation (VIb), de déterminer la valeur

$$x^c = \frac{((1 - \nu)^2 - \pi_{22}) [22] + ((1 - \nu)\nu - \pi_{21}) [21]}{\sigma'(x^c) ((\pi_{11} - \nu^2) [11] + (\pi_{12} - \nu(1 - \nu)) [12])} \quad (2b)$$

pour laquelle la relation (1b) est vérifiée. ■

DEMONSTRATION. PROPOSITION .2.

1 Supposons à l'aide de la relation (8) une valeur $\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0}$ telle que

$$\begin{aligned} \mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} &= (1 - \nu)^2 [w_{22} - 2\lambda U_{22}] + (1 - \nu)\nu [w_{21} - 2\lambda U_{21}] + \\ &\quad \sigma(x^c) \left\{ \nu^2 [w_{11} - 2\lambda U_{11}] + \nu(1 - \nu) [w_{12} - 2\lambda U_{12}] \right\} + \\ (1 - \sigma(x^c)) &\left\{ \begin{array}{l} \nu^2(1 - P) [\delta w_{11}^E - 2\lambda U_{11}^E] + \\ \nu(1 - \nu)(1 - P) [\delta w_{12}^E - 2\lambda U_{12}^E] - \nu^2 PH - \nu(1 - \nu) PH \\ - (1 + \lambda)x^c \end{array} \right\} \end{aligned}$$

sachant la relation (VIb) vérifiée. La relation (8) peut être exprimée par

$$\begin{aligned} \mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} &= W_{\sigma(x^c)}^{\rho=0} + (1 - \sigma(x^c)) \\ &\quad \left\{ \begin{array}{l} \nu^2(1 - P) [\delta w_{11}^E - 2\lambda U_{11}^E] + \\ \nu(1 - \nu)(1 - P) [\delta w_{12}^E - 2\lambda U_{12}^E] - \nu^2 PH - \nu(1 - \nu) PH \end{array} \right\} \end{aligned}$$

Or, selon (1b), on sait que $W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0} = W_{\sigma(x^c)}^{\rho = 0}$ si la relation (2b) est vérifiée. Donc, pour

$$(1 - \sigma(x^c)) \left\{ \begin{array}{l} \nu^2(1 - P) [\delta w_{11}^E - 2\lambda U_{11}^E] + \\ \nu(1 - \nu)(1 - P) [\delta w_{12}^E - 2\lambda U_{12}^E] - \nu^2 PH - \nu(1 - \nu) PH \end{array} \right\} \geq 0$$

on a $\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \geq W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0}$.

2 Par contre, pour

$$(1 - \sigma(x^c)) \left\{ \begin{array}{l} \nu^2(1 - P) [\delta w_{11}^E - 2\lambda U_{11}^E] + \\ \nu(1 - \nu)(1 - P) [\delta w_{12}^E - 2\lambda U_{12}^E] - \nu^2 PH - \nu(1 - \nu) PH \end{array} \right\} < 0$$

on a $\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} < W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0}$. Dans ce dernier cas, on montre que même si $\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} < W_{\sigma(x^c)}^{\rho \neq 0}$, on a malgré tout

$$\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} = \mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \quad (1c)$$

Il est donc nécessaire de déterminer $\mu(x^E)$ avant tout puis on analyse le cas extrême pour lequel $P = 1$. Plus particulièrement, on identifie le cas où la renégociation échoue lorsque $P = 1$ dans les relations (VIIIa), (Xa) et (8). On prend ce cas

extrême par souci de simplicité pour les démonstrations et parcequ'il représente la pire situation pour les firmes. Sachant (6a) dans l'ANNEXE 2, on a

$$(\mu(x^E))_{P=1} = \frac{(1+\lambda)x^E}{\nu^2\{w_{11}+H+2\lambda F\} + \nu(1-\nu)\{w_{12}+H+2\lambda F\}}$$

et $U_{kl} = U_0 = -F, \forall k, l \in \{1, 2\}$. Donc, la relation

$$\begin{aligned} & \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \right]_{P=1} - \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \right]_{P=1} \\ &= (\mu(x^E)_{P=1} - \sigma(x^c)) [\nu^2[w_{11}+H+2\lambda F] + \nu(1-\nu)[w_{12}+H+2\lambda F]] \\ & \quad - (1+\lambda)(x^E - x^c) \\ &= (1+\lambda)x^c \left(1 - \frac{[\nu^2[w_{11}+H+2\lambda F] + \nu(1-\nu)[w_{12}+H+2\lambda F]]}{\pi_{11}w_{11} + \pi_{12}w_{12}} \right) \end{aligned}$$

Sachant que la relation (2b) est positive, seul la relation suivante

$$1 - \frac{[\nu^2[w_{11}+H+2\lambda F] + \nu(1-\nu)[w_{12}+H+2\lambda F]]}{\pi_{11}w_{11} + \pi_{12}w_{12}}$$

permet de vérifier la relation (1c). Or, on observe que

$$\begin{aligned} & \frac{[\nu^2[w_{11}+H+2\lambda F] + \nu(1-\nu)[w_{12}+H+2\lambda F]]}{\pi_{11}w_{11} + \pi_{12}w_{12}} \\ &= \frac{\partial x_{P=1}^E}{\partial x^c} \frac{\partial \sigma(x^c)}{\partial \mu(x^E)_{P=1}} \\ &\Leftrightarrow \varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = \frac{\sigma'(x^c)}{\mu'(x^E)_{P=1}} \end{aligned}$$

Le terme $\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E)$ représente l'élasticité entre le budget optimal x^c dépensé par le régulateur lorsqu'il existe une corrélation entre les firmes et le budget optimal $x_{P=1}^E$ dépensé par le régulateur pour implémenter un contrat rigide optimal lorsqu'il existe une possibilité de renégociation, qu'elle échoue et que les firmes sont indépendantes.

3 Par définition, puisqu'on suppose une simulation de $\mu(x^E)$ par $\sigma(x^c)$, alors on a

$$\mu(x^E)_{P=1} = \sigma(x^c) \quad (2c)$$

ou encore

$$\mu(x^E)_{P=1} - \sigma(x^c) = 0$$

Ainsi, sachant (2c), la variation optimale des dépenses se détermine par le programme linéaire

$$\begin{aligned} & \max_{x_{P=1}^E, x^c} (\mu(x^E)_{P=1} - \sigma(x^c)) \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \mu'(x^E)_{P=1} = 0 \\ \sigma'(x^c) = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \sigma'(x^c) = \mu'(x^E)_{P=1}$$

et l'élasticité devient

$$\varepsilon(x^c, x_{P=1}^E) = 1 \quad (3c)$$

Il en résulte que

$$\left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \right]_{P=1} = \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \right]_{P=1}$$

[4] On peut penser qu'il existe une généralisation de ce résultat dans la mesure où les relations (2c) et (3c) sont vérifiées $\forall \delta \in [0, 1], \forall P \in [0, 1]$. En effet, supposons les différentes variations de δ et de P .

• Lorsque $P = 1$ et $\forall \delta \in [0, 1]$, les relations (2c) et (3c) sont vérifiées. On a $x^c = x^E$ et de fait

$$\left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \right]_{P=1} = \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \right]_{P=1}$$

• Lorsque $P = 0$ et $\forall \delta \in [0, 1]$, tous les résultats qui découlent de cas ne sont que des améliorations potentielles de $\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0}$ par rapport à sa valeur optimale $\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0}$. De fait

$$\left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\mu(x^E)}^{\rho=0} \right]_{P=0} < \left[\mathcal{W}_{\mu(x)=\sigma(x^c)}^{\rho=0} \right]_{P=0}$$

■